

EXPRESS MAIL NO. EV336517700US

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants: Ryuichi SHIMADA, et al. )  
 U.S. Appln. No.: not yet ) Group: not yet assigned  
 assigned )  
 U.S. Filing Date: concurrently ) Examiner: not yet assigned  
 herewith )  
 International Application No: )  
 PCT/JP03/10414 )  
 International Filing Date: )  
 18 August 2003 ) Our Ref.: B-5648PCT 622443-2  
 For: "PULSE POWER SUPPLY DEVICE )  
 USING REGENERATING MAGNETIC ENERGY" ) Date: February 15, 2005

35 U.S.C. 119 CLAIM TO PRIORITY

MAIL STOP PCT  
 Commissioner for Patents  
 P.O. Box 1450  
 Alexandria, VA 22313-1450

Attn: United States Designated/Elected Office (DO/EO/US)

Sir:

Prior PCT International Application No. PCT/JP03/10414,  
 designating the U.S., claims foreign priority as follows:

<u>COUNTRY</u>	<u>FILING DATE</u>	<u>SERIAL NUMBER</u>
JAPAN	19 August 2002	2002-278148

The certified copies have been filed in prior PCT International  
 Patent Application No. PCT/JP03/10414.

Applicants hereby confirm that this claim for priority applies to  
 the above-identified U.S. International stage application.

Respectfully submitted,

*Mavis S. Gallenson*  
 Mavis S. Gallenson  
 Reg. No. 32,464  
 Attorney for Applicant  
 LADAS & PARRY  
 5670 Wilshire Boulevard #2100  
 Los Angeles, California 90036  
 (323) 934-2300

**BEST AVAILABLE COPY**

15 FEB 2003

PCT/JP 03/10414

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

18.08.03

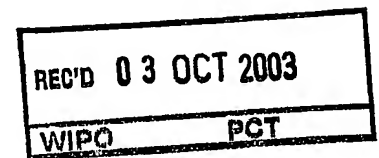
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2 0 0 2 年 8 月 1 9 日

出 願 番 号  
Application Number: 特 願 2 0 0 2 - 2 7 8 1 4 8  
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 2 7 8 1 4 8]

出 願 人  
Applicant(s): 財団法人理工学振興会

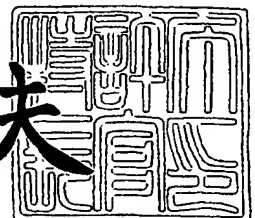


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 3 年 9 月 1 9 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



BEST AVAILABLE COPY

出 証 番 号 出 証 特 2 0 0 2 - 2 0 7 7 0 0 5

【書類名】 特許願  
【整理番号】 02-002  
【提出日】 平成14年 8月19日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】  
【発明の名称】 磁気エネルギーを回生するパルス電源  
【請求項の数】 3  
【発明者】

【住所又は居所】 東京都目黒区大岡山 2-1 2-1 番地 東京工業大学、  
原子炉工学研究所内

【氏名】 嶋田 隆一

【発明者】

【住所又は居所】 東京都目黒区大岡山 2-1 2-1 番地 東京工業大学、  
原子炉工学研究所内

【氏名】 高久 拓

【特許出願人】

【識別番号】 393021314

【住所又は居所】 東京都目黒区大岡山 2-1 2-1 番地 東京工業大学、  
原子炉工学研究所内

【氏名又は名称】 嶋田 隆一

【電話番号】 03-5734-3064

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図 面 1

【物件名】 要約書 1

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気エネルギーを回生するパルス電源

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 誘導性負荷に、高い繰り返しでバイポーラーパルス電流を供給するパルス電源装置であって、4つのパワーMOSFETを用いてブリッジ回路にして、エネルギー源コンデンサを、その直流入力端子に接続し、負荷をブリッジ回路の交流出力端子に接続した構成で、初期充電されたコンデンサをパワーMOSFETのオン・オフ制御により、負荷に双方向の電流を通電することができ、コンデンサ電流が零になると、自動的にブリッジ回路は2アーム並列導通となることから、フラットトップ時の電流容量が合理化することを特徴とし、パワーMOSFETの順方向阻止状態になると、ダイオードにより、負荷電流の方向によらず、誘導性負荷の残留磁気エネルギーがコンデンサに回生し、そのエネルギーを次のパルスに用いることを特徴としたパルス電源装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載のパルス電源において、負荷と直列に低電圧大電流の電源を挿入し、放電中に電圧を印加することにより、電流を制御し、コンデンサにエネルギーを補充して、次の放電電流が制御できることを特徴としたパルス電源装置。

【請求項 3】 請求項 1 記載のパルス電源装置、または、請求項 2 のパルス電源装置の、4つのパワーMOSFETを、GTOサイリスタまたはダイオードとIGBT等の半導体スイッチとの並列接続をしたユニットを用いたパルス電源装置、もしくは、電流バイポーラー動作を必要としない場合、ブリッジ構成の2つをダイオードのみにしたパルス電源装置、またはその両方を行ったパルス電源。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、誘導負荷にパルス電流を供給するためのパルス電源装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 誘導性の負荷に大電流を供給する場合、通常、高電圧で充電されたエネルギー源コンデンサを、スイッチとしてイグナイトロン、放電ギャップ

スイッチ、サイリスタなどの半導体を用いて、負荷に接続して、コンデンサ放電を開始させるパルス電源が一般的である。

【0003】これら、放電スイッチには通常、クランプ回路と呼ばれるダイオードが負荷に並列、もしくは、コンデンサに並列に接続されており、電流が最大になった後は、コンデンサ電圧の逆転と共にダイオードがオンし、負荷電流がダイオードに環流することで、コンデンサの逆充電を防ぎ、クランプされた電流は負荷の電気抵抗により時定数  $L/R$  で減衰しながら流れ続ける。

【0004】一方、パルス電流の用途の中には、減衰波形よりも、立ち上がり時が重要であると言う分野も多い。小型医療用シンクロトロン加速器のパルス強磁場偏向電磁石などにおいては、最大の磁界を利用するのではなく、磁界を時間と共に上昇させる運転が必要であるが、電流を速く減衰させて、パルスレートを大きくすることが求められている。また、ガス励起レーザー電源の場合も、高速な電圧の立ち上がりと高繰り返しを要求されており、放電電源として、高繰り返し可能な制御が求められていた。

【0005】放電電流が必要な電流値に達した場合、スイッチの制御により放電電流の上昇を停止するのは、スイッチをイグナイトロン、放電ギャップスイッチ、サイリスタのようなオン制御のみのスイッチから、GTOサイリスタやIGBTのようにゲート信号による自己消弧能力を持った半導体スイッチに換えればできる。

【0006】しかし、負荷側の誘導性電流は電圧零でクランプされ、ダイオードによるフリーホイーリング状態で  $L/R$  の長い時定数で減衰するのみである。ここに、エネルギーの無駄と、減衰を待つ時間が必要で、容量の増加や高繰り返しを求めるパルス電源の技術的問題となっていた。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】フリーホイーリング状態の電流を遮断し、その磁気エネルギーをコンデンサに回生することが出来れば、従来、負荷において、無駄に消費されていたエネルギーが減少するばかりでなく、コンデンサにもどったエネルギーは、次のエネルギーとして、回生されるので、エネルギー効率の高い、高繰り返し可能なパルス電流発生電源を提供する。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】図2は、本発明の基本動作を説明するためのものである。電源側はスナバーエネルギー回生方式の電流スイッチの構成をしている。スナバーエネルギーを一時的に蓄積するコンデンサが、本発明ではエネルギー源コンデンサに相当する。スナバーエネルギー回生方式の電流スイッチについては、特許公開2000-358359「スナバーエネルギーを回生する電流順逆両方向スイッチ」を参照。スナバーエネルギーを回生する電流スイッチの構成を利用しているが、前特許願は、遮断電流回路の磁気エネルギーをスナバーコンデンサに一時的に蓄え、次の導通時に負荷に放出する電流スイッチであるが、これと異なり、エネルギー源コンデンサーに全エネルギーが充電されており、そのエネルギーのみで負荷を駆動し、パルス終了の際、負荷に残った磁気エネルギーをエネルギー源コンデンサに回生しようとする点が異なっている。

【0009】図2の例では負荷は誘導性負荷で、抵抗RとインダクタンスLで表してあるが、気体レーザの場合は放電電極部であり、加速器偏向電磁石ではトランス結合されたダイポールコイルになるが、いずれもLとRの直列接続の負荷として見なされる。放電パルスの時間がL/Rの時定数より十分短い場合、インダクタンス部の磁気エネルギーが供給したエネルギーの大部分になることが多い。

【0010】図2の動作シーケンスを図3で説明する。始めにコンデンサCに図2の極性のように充電しておき、スイッチS1とスイッチS2をオンした場合、コンデンサの電荷は負荷に流れ始める。電流が最大になりコンデンサの電圧が負になると、負荷電流はダイオードを介して環流し、フリーホイーリング状態になり負荷電流はメイン電流の流れるパスと書かれているように、2並列で流れ続ける。ここで、フリーホイーリング状態の電流が2並列で流れ続ける状態があること、これがこのスイッチ構成と動作の特徴である。これにより、スイッチの電流容量は半分で良いことになり、経済的である。

【0011】つぎにS1とS2ともにオフにすれば、フリーホイーリング状態の電流は遮断され、2つのダイオードを介して、コンデンサは同じ極性で再充電されることで、電流は急速に減少し、電流が零になるとダイオードは逆電流を

阻止するため、電流は停止する。

【0012】スイッチS1, S2をオンした後、コンデンサ電圧が残っている内にS1, S2のどちらか一方をオフすれば、負荷電流はその値からフリーホイーリング状態になり、コンデンサ電圧は維持される。再びスイッチをオンすれば電流は上昇を再開する。このように、スイッチの高速なオンオフでコンデンサ放電電流のPWM制御が出来る可能性がある。この機能はスナバー回生方式の単なる電流スイッチではなかったことである。

【0013】図2の構成のスイッチとダイオードを用いれば、スイッチのオン・オフを任意のタイミングで行うことにより、放電を開始、維持、減少させることができ、かつ、磁気エネルギーはコンデンサに同じ極性で回生される。

【0014】図4は本発明を電流双方向に発展させる原理図である。この図が図2と異なる部分は、ダイオードとスイッチを並列接続したユニットを4つ、図のように逆直列・逆並列に取り付けたことにより、負荷に双方向の電流を流せることに特徴があり、スイッチをオフすることにより、コンデンサに磁気エネルギーが回生されるのは同じである。負荷への電流の向きにより動作スイッチ群をたすき掛けにすなわち、電流順方向にはS1-S2をオン、電流逆の場合S3-S4をオンに選択すれば可能である。順逆の最大電流の大きさに応じたスイッチとダイオードの容量を選択をすることで合理的な設計をすることが好ましい。

【0015】図5はエネルギー源コンデンサ(1)へのエネルギー補充を放電回路に挿入した低電圧大電流電源(5)で可能なことを示すシミュレーション回路と結果の波形で説明している。図5の波形によるとコンデンサ電圧と負荷電流が放電回数と共に上昇しているが、これは、直流抵抗分の電圧以上の電圧を外部電源から注入することで、放電電流が上昇する。このように、外部電源の電圧を増減すれば、パルス電流の電流値を制御できる。

【0016】また、運転に先立って低電圧大電流電源により、回路に電圧を印加すれば抵抗で決まる電流が流れるが、その電流を電流スイッチで遮断することで、磁気エネルギーがコンデンサを回生され、充電するので、コンデンサ充電のための高圧電源を用意することなく、低電圧電源のみで高速立ち上げのパルス電流を得ることもできる。

## 【0017】

【発明実施の形態】図1は本発明の実施形態を示す回路図である。同図が図4と異なる部分は、負荷として具体例としてパルス電流で負荷である加速器用偏向磁石を電流トランスを介して、励磁する場合、パワーMOSFETを4つを逆直列・逆並列に接続したもので構成してある。

【0018】ここで用いるパワーMOSFETは高耐圧でオン・オフが速く、導通損が少ない特徴があり、かつボディーダイオード、（寄生ダイオードとも呼ばれる）が、並列ダイオードの代用として有効に利用できるシリコンカーバイド（SiC）のパワーMOSFETを想定している。

ボディーダイオードが実用にならない現在のシリコン製のパワーMOSFETを用いても、逆導通状態になった時にゲート制御で強制的にオン状態にすることで、代用できる。代用品として逆導通型GTOサイリスタ、またはダイオードとIGBTの並列接続したユニットなどでも本発明の効果は発揮できる。

【0019】図1のパワーMOSFETスイッチに制御装置からG1～G4にゲート信号を与えるが、G1、G2のたすき掛けにペアーを選択することにより、電流の向きが正方向に、G3、G4を選択すると逆方向に流せる。これは、小型医療用加速器偏向電磁石のパルス運転用電流トランスの励磁特性改善のための磁化リセット電流を流すことが可能になるために必要である。

【0020】また、図1に負荷とスイッチの間に低電圧大電流電源（5）が挿入してあるが、この電圧を放電電流に直列に印加することで、エネルギーを放電毎に補給することができる。また、初回に低電圧大電流電源（5）により、回路に電流（4）を流しておき、電流スイッチで遮断することで、コンデンサをスーパーコンデンサのように充電できるので、コンデンサ充電のための別な高圧電源を用意することなく、低電圧電源のみで高速立ち上げのパルス電流を得ることができる。もちろん、コンデンサに充電電源を接続して、コンデンサを充電する一般的方法も有効である。

## 【0021】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、電流発生用エネルギー源コンデンサのスイッチとしてダイオードと並列接続した4つの半導体スイッチで構成



されたブリッジ構成の双方向電流スイッチのゲート信号をそれぞれ制御することにより、誘導性負荷への電流の開始、維持、停止を高速に行うことができる。このとき電流減少時には、磁気エネルギーがコンデンサへと同じ極性で回生されることが特徴である。また、図5のように低電圧源（5）を電流回路に挿入すれば、放電サイクルを繰り返しながら、コンデンサの充電電圧を増減することができる。

【0022】4つのスイッチ素子の総容量は、基本的に、耐電圧が、パワーMOSFETの2直列で持たせられれば、個々には半分で良く、かつパルス導通電流が、2アームを並列に流れることなどを考慮すればこれも半分であるので、従来のパルス電源に較べて、電圧・電流容量を基本的には増加させずに対応できる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

この図は本発明の実施例を説明する図である。

##### 【図2】

この図は本発明の基本原理を説明する図である。

##### 【図3】

この図は図2の電流と電圧およびスイッチのシーケンスを説明する図である。

##### 【図4】

この図は本発明の電流双方向化の基本原理を説明する図である。

##### 【図5】

この図は本発明のコンデンサ電圧を補助する方法の基本原理を解析する計算機シミュレーションのモデル図、および負荷の電流、コンデンサ電圧のシミュレーション波形である。

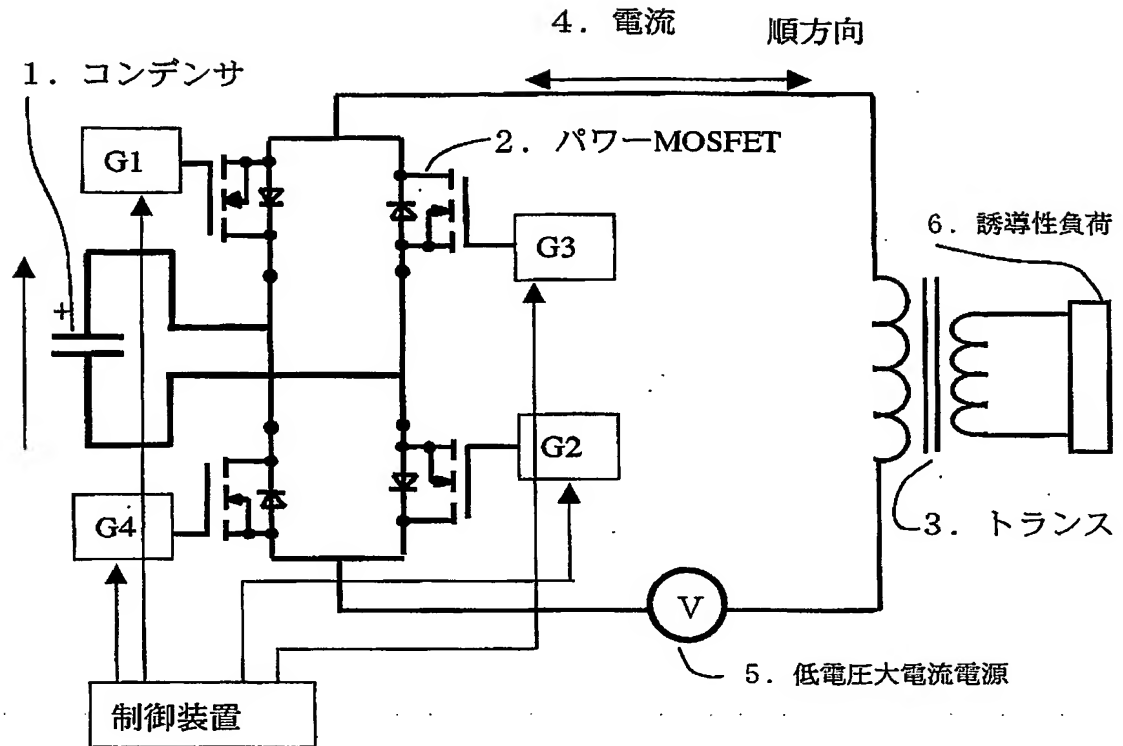
#### 【符号の説明】

- 1 コンデンサ
- 2 パワーMOSFETなど順電流阻止能力があり、かつ逆導通機能を持った半導体スイッチ、またはその機能を持ったスイッチ・ユニット
- 3 トランス

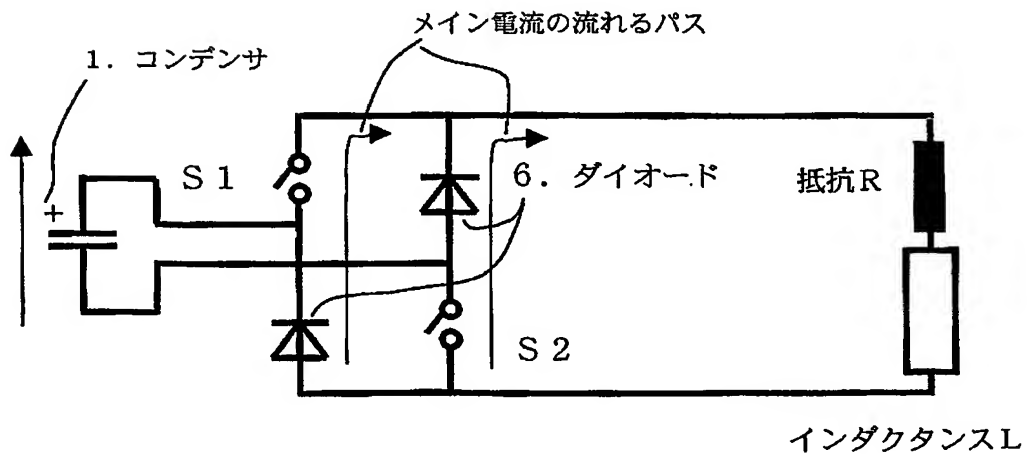
- 4 電流
- 5 低電圧大電流電源
- 6 誘導性負荷
- 7 ダイオード

【書類名】 図面

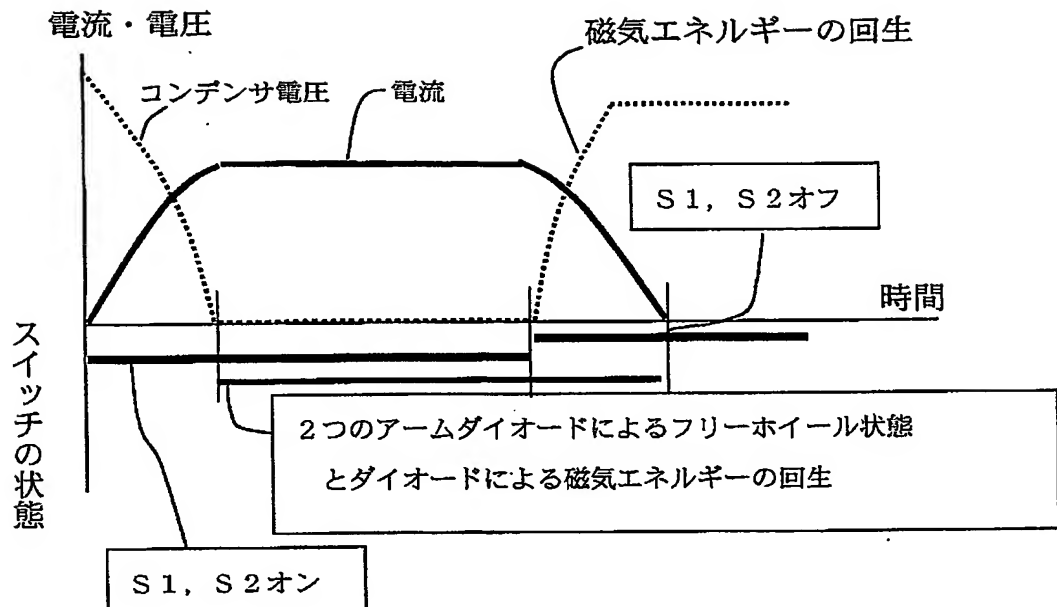
【図 1】



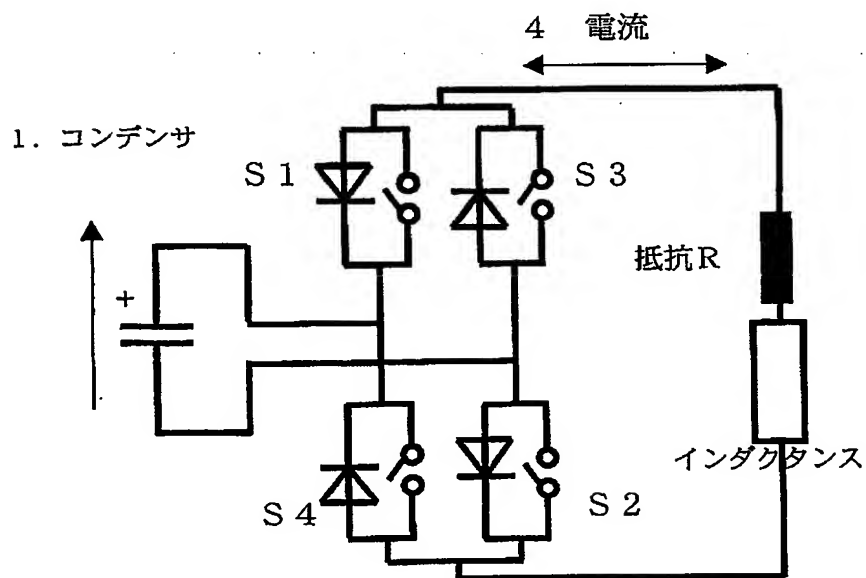
【図 2】



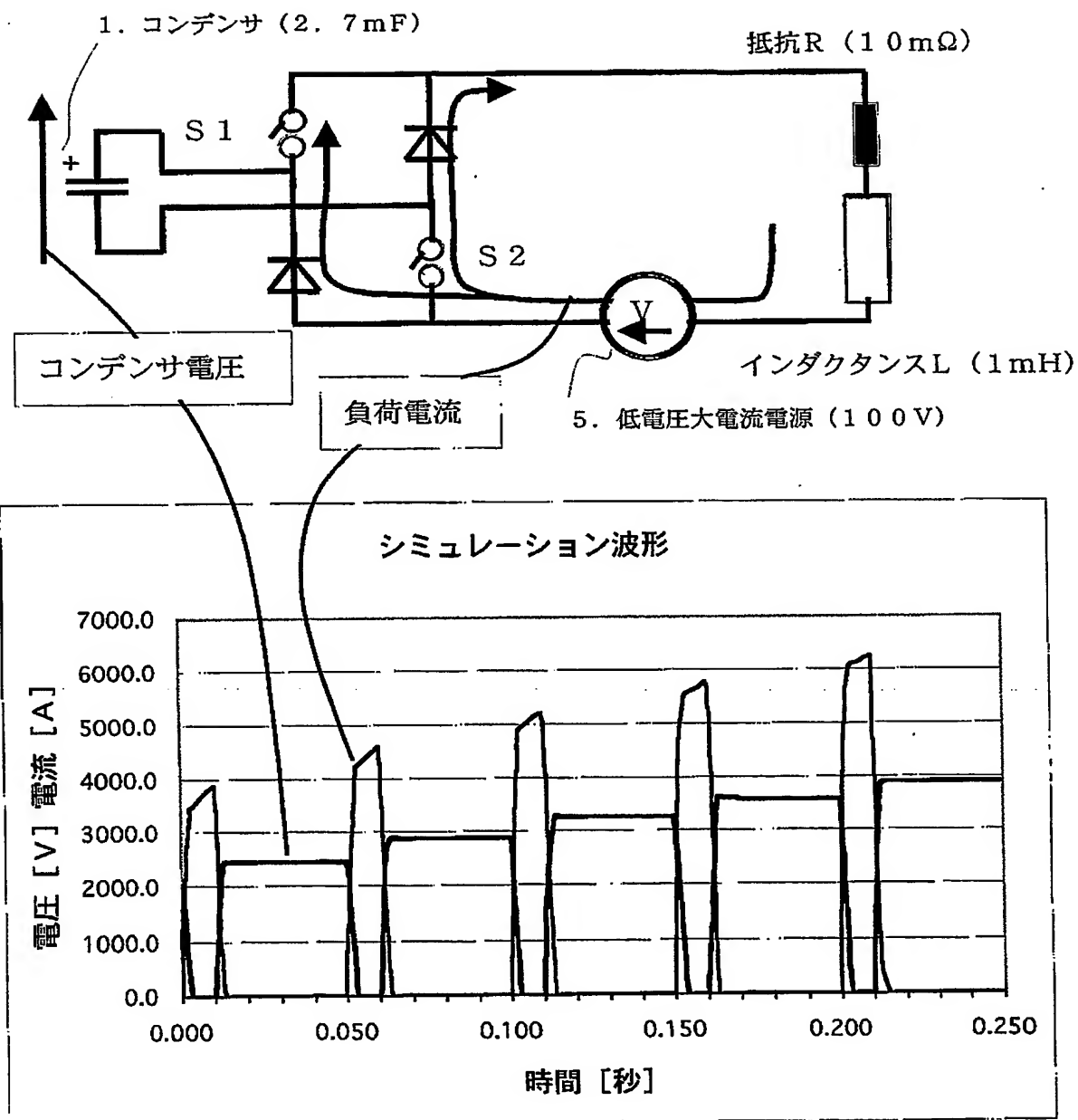
【図3】



【図4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 放電回路に蓄積された磁気エネルギーをコンデンサに回生し、次回の放電エネルギーとする、高繰り返しバイポーラパルス電源装置を提供。

【解決手段】 コンデンサ（１）のエネルギーを誘導性負荷（６）に放電するスイッチとして、パワーＭＯＳＦＥＴなど（２）、４つをブリッジ接続した双方向電流スイッチを用いることにより、４つのスイッチの制御により、放電電流の開始、上昇、維持、さらに減少時に電流の磁気エネルギーをコンデンサに回生できる、電流バイポーラの放電制御機能を有したパルス電源が提供できる。また、放電回路に低電圧電源（５）を挿入すれば、通電中に損失エネルギーを補うことができるので、高繰り返し放電を行うことができる。

【選択図】 図１

【書類名】 出願人名義変更届  
【提出日】 平成15年 6月 6日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【事件の表示】  
    【出願番号】 特願2002-278148  
【承継人】  
    【識別番号】 899000013  
    【氏名又は名称】 財団法人理工学振興会  
【承継人代理人】  
    【識別番号】 100078776  
    【氏名又は名称】 安形 雄三  
【承継人代理人】  
    【識別番号】 100114269  
    【氏名又は名称】 五十嵐 貞喜  
【承継人代理人】  
    【識別番号】 100093090  
    【氏名又は名称】 北野 進  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 010836  
    【納付金額】 4,200円  
【提出物件の目録】  
    【包括委任状番号】 0300944  
【プルーフの要否】 要

## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-278148
受付番号	50300950196
書類名	出願人名義変更届
担当官	駒崎 利徳 8640
作成日	平成15年 7月15日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

## 【承継人】

【識別番号】	899000013
【住所又は居所】	東京都目黒区大岡山 2-12-1
【氏名又は名称】	財団法人理工学振興会

## 【承継人代理人】

申請人

【識別番号】	100078776
【住所又は居所】	東京都港区赤坂 2丁目13番5号 赤坂会館 3階 アドバンス国際特許事務所

【氏名又は名称】	安形 雄三
----------	-------

## 【承継人代理人】

【識別番号】	100114269
【住所又は居所】	東京都港区赤坂 2丁目13番5号 赤坂会館 3階 アドバンス国際特許事務所内

【氏名又は名称】	五十嵐 貞喜
----------	--------

## 【承継人代理人】

【識別番号】	100093090
【住所又は居所】	東京都港区赤坂 2丁目13番5号 赤坂会館 3階 アドバンス国際特許事務所内

【氏名又は名称】	北野 進
----------	------



特願 2 0 0 2 - 2 7 8 1 4 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 3 9 3 0 2 1 3 1 4 ]

1. 変更年月日

1 9 9 3 年 8 月 3 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都目黒区大岡山 2 - 1 2 - 1 番地 東京工業大学原子炉工  
学研究所内

氏 名

嶋田 隆一

特願 2002-278148

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[899000013]

1. 変更年月日

1999年 9月17日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都目黒区大岡山2-12-1

氏 名

財団法人理工学振興会